

LAB-ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennusalan työnjohdon koulutus

Petri Ignatius

Kevyen järjestelmämuotin käyttö sillan perustus- rakenteissa

Opinnäytetyö 2020

Tiivistelmä

Petri Ignatius

Kevyen järjestelmämuotin käyttö sillan perusrakenteissa

22 sivua, 3 liitettä

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennusalan työnjohdon koulutus

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: lehtori Jari-Pekka Sinkko, LAB-ammattikorkeakoulu, työmaapäällikkö

Jari Lievonen, Destia Oy

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kevyen järjestelmämuotin käyttöä siltojen perusrakenteissa ja laatia työohje, jota voidaan käyttää jatkossa työsuunnittelussa ja työnohjauksessa. Tutkittava muottikalusto oli PERI:n Duo kevyt järjestelmämuotti.

Työssä käytettiin käytännön tietoa väylähankkeelta Mikkeli – Nuutilanmäki ja erityisesti silloita S11 ja S14 saatua käytännön kokemusta muottikalustosta. Tietolähteinä oli lisäksi PERI:n materiaali, betonirakentamisen kirjallisuus ja oma käytännön kokemus muottitöistä.

Työn tuloksena valmistui työohje järjestelmämuotin käyttöön. Työohjetta voi hyödyntää Destian tulevilla projekteilla, jossa Duo-kalustoa käytetään. Selvisi myös, että kaluston käyttö on taloudellisesti kannattavaa, kun hankkeella rakennetaan useita maavaraisesti perustettavia siltoja.

Avainsanat: sillanrakennus, peruslaatta, järjestelmämuotti

Abstract

Petri Ignatius

Use of a lightweight system mold in the foundation structures of the bridge

22 Pages, 3 Appendices

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Construction Management

Bachelor Thesis 2020

Instructors: Mr Jari-Pekka Sinkko, Lecturer, LAB University of Applied Sciences,
Mr Jari Lievonen, Construction manager, Destia Oy

The purpose of this thesis was to find out how to use a lightweight system mold in the foundation structures of bridges and to develop a working instruction that can be used in future work planning and work supervision. The mold equipment under investigation was PERI's Duo lightweight system mold.

The work used practical information from the Mikkeli – Nuutilanmäki fairway project, and in particular bridges S11 and S14 gained practical experience with the mold equipment. Other sources of information were PERI's material, concrete construction literature and the author's own practical experience in formwork.

As a result of this work, a work instruction for using a system mold was completed. These instructions can be used at Destia's following sites where Duo equipment is used. It also became clear that the use of the fleet is economically viable when the project involves the construction of several bridges to be built.

Keywords: Bridge building, Base slab, System mold.

Sisältö

Tiivistelmä.....	2
Abstract	3
Sisältö.....	4
1 Johdanto.....	5
1.1 Destia Oy.....	6
1.2 PERI GmbH ja PERI Suomi Ltd Oy.....	6
2 Siltojen rakentamisen perustietoa	7
3 Sillan perustusrakenteet	8
4 Muottityö sillan peruslaatoissa	11
5 PERI Duo kevyt järjestelmämuotti.....	12
6 Työturvallisuus muottityössä.....	13
7 Työohje PERI Duo järjestelmämuotille, sillan perustusrakenteisiin	15
7.1 Valmistelevat työt.....	15
7.2 Muotin kokoaminen.....	16
7.3 Rauditus	17
7.4 Betonointi.....	18
7.5 Muotin purkaminen ja puhdistaminen.....	19
7.6 Kehitys- ja korjauskohteet.....	20
8 Pohdinta	21
Lähteet	22

Liitteet

- Liite 1 Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma
- Liite 2 PERI anturamuotti-suunnitelma
- Liite 3 Betonointisuunnitelma

1 Johdanto

Suomessa on yhteensä noin 14000 maantiesiltaa sekä runsaat 2000 rautatiesiltaa ja uusia siltoja rakennetaan vuosittain noin 200. Suurin osa silloista rakennetaan betonisilloiksi ja osassa siltoja käytetään myös liittopalkkeja kannatinrakenteina. Vaasan edustalla sijaitsee tällä hetkellä Suomen pisin silta, jonka pituus on 1045 metriä.

Suomessa on käytetty puuta muottien ja tuentojen rakentamisessa koko sillanrakentamisen historian ajan, kun taas muualla Euroopassa on siltojen rakennuksessa käytössä muottijärjestelmät. Viimeisen 10 vuoden aikana myös Suomessa on alettu käyttää jossain määrin valmiita muottijärjestelmiä sillan rakentamisessa. Lautakuvion pakollisuus rajaa paljon muottijärjestelmien käyttöä erityisesti näkyviin jäävien rakenteiden osalta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä kevyen muottijärjestelmän käyttöä sillanrakentamisessa ja tehdä siitä käyttöohje. Työssä tarkastellaan PERI:n Duo-muottikalustoa. Esimerkkikohteena käytän VT 5 MiNu-hanketta ja siellä S11 ja S14-siltaa, joissa Duo-kalustoa kokeiltiin ensimmäistä kertaa Suomessa sillan peruslaattojen muotteina. Kalusto on suunniteltu käytettäväksi pääasiassa talonrakennuskohteissa, mutta pienellä muutoksella sitä voidaan käyttää myös sillan perustusrakenteissa.

Opinnäytetyön tilaajana on Destia Oy ja yhteistyökumppanina toimii PERI Suomi Ltd Oy. Opinnäytetyössä käytetään käytännön tukimusta, PERI Suomi Ltd Oy:n tuottamaa materiaalia ja Destia Oy:n materiaalia. Työssä käytetään lähteenä betoni- ja siltarakentamisen kirjallisuutta.

1.1 Destia Oy

Destia on Suomen suurimpia infra-alan yrityksiä. Kokemusta yrityksellä on kertynyt jo yli 200 vuoden ajalta. Vuonna 1799 perusti Ruotsin kuningas kuninkaallisen koskenperkausjohtokunnan. Toiminta laajeni vuonna 1809 tieverkon, siltojen, rautateiden, satamien, lauttojen ja lennätinlinjojen rakentamiseen, korjaukseen ja ylläpitoon. Suomen itsenäistymisen myötä perustettiin Tie- ja vesirakennushallitus (TVH). TVH toimi vuosina 1917–1990. Vuonna 2001 yrityksen nimi muuttui Tieliikelaitokseksi ja alkoi kilpaileminen tiealan urakoista muiden urakoitsijoiden kanssa. Vuonna 2007 nimi muuttui Destiaksi. Ahlström Capitals osti Destian vuonna 2014 Suomen valtiolta. Yhtiön toimenkuvaan kuuluu tänä päivänä infran suunnittelu, rakentaminen ja ylläpitäminen. Työntekijöitä on keskimäärin 1650 henkilöä. Yhtiön liikevaihto vuonna 2018 oli 550 miljoonaa euroa. (Destia yritys-esittely 2019.)

1.2 PERI GmbH ja PERI Suomi Ltd Oy

PERI on maailman suurimpia muotti- ja telinevalmistajia. Yritys on perustettu vuonna 1969. Pääkonttori toimistoiineen ja tuotantotiloineen sijaitsee Weissenhornissa, Etelä-Saksassa. Tytäryhtiöitä on 70 maassa. Suomessa oleva tytäryhtiö on PERI Suomi Ltd Oy, joka perustettiin vuonna 1993. Pääkonttori ja varasto sijaitsee Hyvinkäällä. PERI Suomi ei valmista tuotteita, vaan vuokraa ja myy tuotteita markkina-alueellaan. Suunnittelu tehdään pääurakoitsijan kanssa yhteistyössä, niin että pyritään löytämään paras mahdollinen muotti- ja telinejärjestelmä. PERI Suomi järjestää myös koulutuksia. Koulutuksissa käydään teoriaa sekä käytännön harjoituksia eri järjestelmistä. Yrityksessä oli vuonna 2018 noin 90 työntekijää. (PERI Suomi Ltd Oy.)

2 Siltojen rakentamisen perustietoa

Silta luokitellaan taitorakenteeksi. Taitorakenteisiin kuuluvat sillan lisäksi rautatierummut, satamalaiturit, tunnelit, paalulaatat ja tukimuurit. Sillaksi aletaan kutsua rakennetta, jonka vapaa-aukko on vähintään 2 m.

Suomessa rakennettavat ja suunniteltavat siltatyypit:

- putki- ja kehäsillat
- laattasillat
- palkkisillat
- ristikkopalkkisillat
- kaari- ja holvisillat
- langer- palkkisillat
- vinoköysisillat
- riippusillat
- avattavat sillat
- ponttonisillat (Sillat: RIL 179-2018, s. 45–46).

Uuden sillan rakentaminen liittyy yleensä väyläprojektiin. Siltoja voi tulla suurissa väyläprojekteissa useita kymmeniä. Joissakin tapauksissa rakennetaan yksittäinen silta. Yksittäisen sillan rakentamisen syitä voi olla esimerkiksi lossiyhteyden korvaaminen sillalla, painorajoitetun sillan uusiminen, tasoristeyksen korvaaminen sillalla tai huonokuntoisen vanhan sillan uusiminen. Siltahankkeen tilaajana yleensä toimii Väylävirasto, ELY-keskus tai kunta. Tilaaja voi myös valtuuttaa ulkopuolisen tahon tekemällä suunnittelu- ja toteutussopimuksen siltahankkeesta. Tällaisia sopimuksia tekevät yleensä kunnat tai yksityiset yritykset. (Sillat: RIL 179-2018, s. 65.)

3 Sillan perustusrakenteet

Ennen sillan suunnittelun aloittamista on oltava riittävät pohjatutkimus tiedot sillan pohjaolosuhteista. Tutkimuksia jatketaan myös suunnittelun ollessa käynnissä. Geosuunnittelija mitoittaa maa- ja kallioperän ominaisuudet sekä pinta- ja pohjaveden tuomat ehdot. Yhdessä siltasuunnittelijan kanssa geosuunnittelija tarkastellee yksittäisiä perustuksia ja siltapaikkaa kokonaisuutena. (Sillat: RIL 179-2018, S. 177.)

Sillan perustusrakenteilla siirretään sillalle tulevat kuormitukset maa- tai kalliopohjalle. Yleisimmät perustamistavat ovat

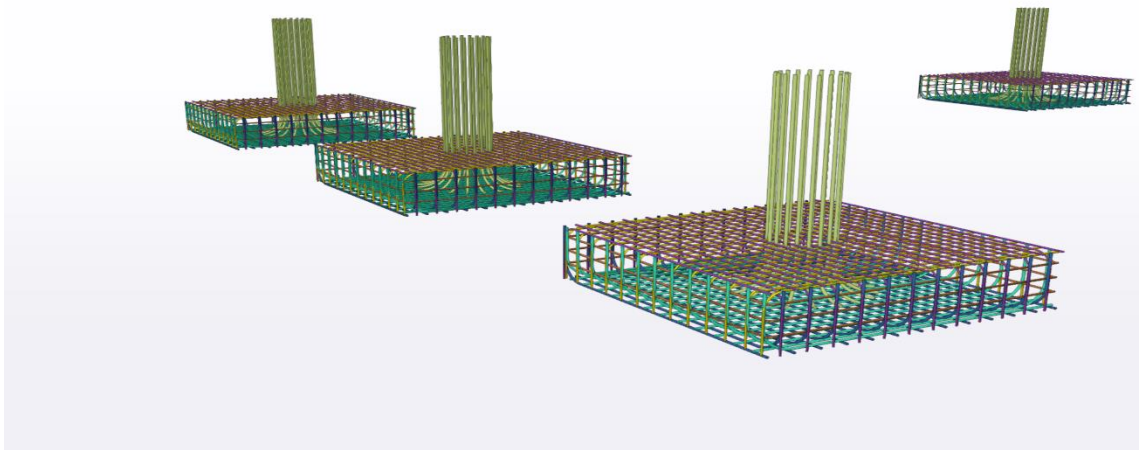
- maavaraiset perustukset
- kalliovaraiset perustukset
- paaluperustukset (Sillat: RIL 179-2018, s. 177).

Maavarainen perustaminen on perustamistavoista edullisin. Perustusten alla oleva pohjamaa voi olla luonnontilainen, vahvistettu tai rakennettu. Kun pystytään perustamaan luonnontilaisen pohjamaan päälle, niin tarvitaan korkeintaan vain ohut tiivistetty täyttökerros (arina). Luonnonmaapohjan on oltava tässä tapauksessa tiivistä hiekka-, sora- tai moreenimaata.

Vahvistettu maapohja saadaan kantavaksi pudotustiivistyksellä, esikuormituksella tai syvästabiloinnilla. Syvästabilointi tehdään savimaahan. Erikoisempia ja harvemmin käytettyjä vahvistustapoja on suihkuinjektointi, syvätiivistäminen täryhuuhtelulla ja maahan asennettavat sora- tai murskepillarit.

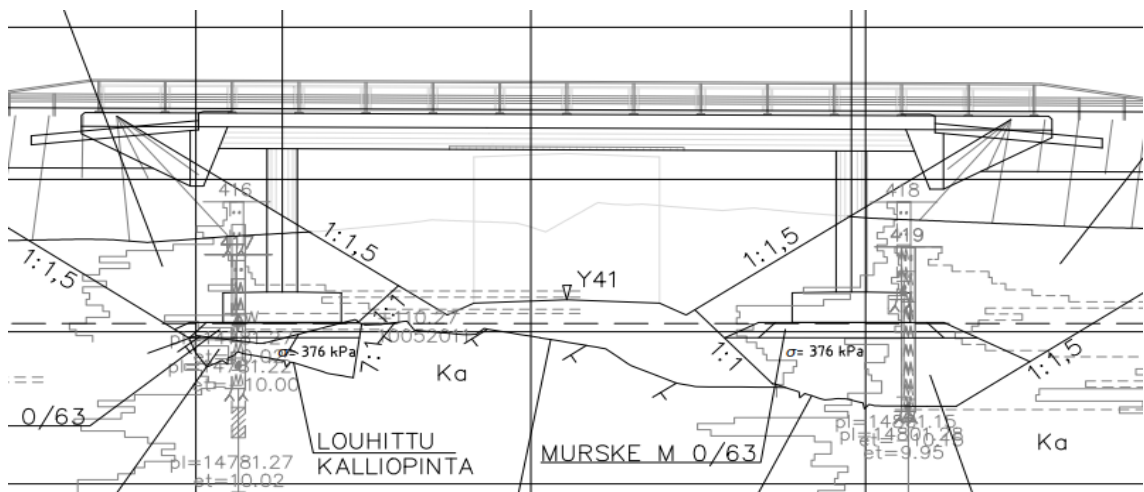
Rakennettu maapohja tehdään riittävällä massan vaihdolla. Massanvaihdossa korvataan huonosti kantava luonnonmaakerros paremmin kantavalla täyttökerroksella. Routivalle maapohjalle saadaan massanvaihdon yhteydessä samalla perustusten routasuojaus. (Sillat: RIL 179-2018, s. 175.)

Perusrakenteiden suunnittelu tehdään nykyisin tietomallipohjaisena suunnitteluna. Lähtötietomalli on pohjana suunnittelulle ja mallinnukselle. Lähtötietomallista saadaan kolmiulotteiset tiedot siltapaikan maaperäolosuhteista, jotka helpottavat perustusten suunnittelua. Rakennussuunnittelu vaiheessa saadaan tarkka kolmiulotteinen kuvaus esimerkiksi peruslaatasta. Mallista voidaan tarkastella rakenneosat, raudoitukset, mitat, varusteet ja rakentamiseen vaadittavat tiedot. Kuvassa 1. S14 alusrakenteiden raudat, IFC formaatti. (Sillat: RIL 179-2018, s. 286.)



Kuva 1. S14 alusrakenteiden raudoitus, tietomalli (Destia Oy)

Tässä työssä olevat esimerkkikohteet ovat maavaraisia perustuksia. Kuvassa 2. S14 sillan geo-suunnitelma. Tuki ykkösellä kalliota jouduttiin räjäyttämään alemmaksi ja tekemään peruslaatan alle mursketäyttöä enemmän kuin kuvassa näkyy.



Kuva 2. S 14 siltapaikan pituusleikkaus (Destia Oy)

Maavaraeisessa perustamisessa tehdään tiivistetyn murskearinan päälle yleensä peruslaatta eli antura. Peruslaatat tulevat sillan tukien alle. Sillan tuet ovat pääty- tai välitukia. Päätytuet tehdään joko kiinteänä päätytukena tai maatukena. Kiinteäpäätytuki tehdään liikuntasaumattomiin siltoihin, joissa liikevara on pienempi. Maatukirakenne tehdään silloin kun silta on hyvin vino tai sillan rakenne edellyttää laakeroitua tuentaa ja liikuntasaumalaitetta. Välitukirakenne tehdään pilarien avulla. Kuvassa 3. on nähtävissä sillan S11 välituenpilarit. Leveällä sillalla tuki on seinämäinen tai useista pilareista rakennettu rakenne. (Sillat: RIL 179-2018, 184–186.)



Kuva 3. S11 välituenpilarit (Petri Ignatius 2018)

4 Muottityö sillan peruslaatoissa

Siltojen rakenteiden kuormat ovat suuret. Perustukset vaativat suurikokoiset, paikallavaletut anturarakenteet, jotka siirtävät kuormat maaperään. Anturoiden paksuudet lähtevät 800 mm:stä ylöspäin ja niiden pituus ja leveys ovat useita metrejä suuntaansa. Muotti joudutaan rakentamaan kestäväksi, koska betoninpaineet ovat tällaisessa rakenteessa suuria. (Sillat: RIL 179-2018, 317.)

Siltojen anturamuotit tehdään yleensä kappaletavarasta, muottipintana käytetään lautta tai vaneria. Runko tehdään 50*100 lankusta. Muottisiteinä käytetään alumiinitankoja, jotka sidotaan muottilukoilla. Kalliopinnalle rakentaessa paras ratkaisu on käyttää pystylaudoitusta. Murskearinnan päälle rakennettaessa voidaan käyttää vaneria, koska pohja on tasainen. (Sillat: RIL 179-2018, 317.)

Raudoitus anturoissa tehdään yleensä paikan päällä valmiiksi taivutetuista teräksistä. Teräsmäärä on noin 80-120 kg/m³. Muotti täytyy tukea hyvin jo ennen raudoitusta, koska käytetään painavia teräksiä. Alumiinisiteet ja muottilukot asennetaan raudoituksen jälkeen. (Sillat: RIL 179-2018, 317.)

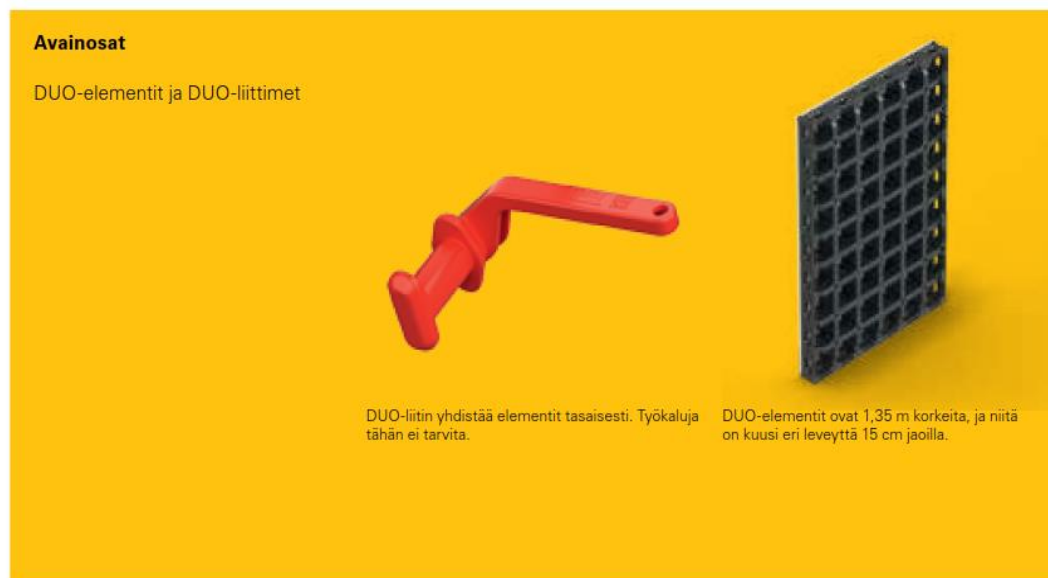
Kappaletavarasta rakennettu muotti vaatii paljon puutavaraa, jonka kierrättäminen jatkossa ei ole enää mahdollista. Muotin rakenne sidotaan kiinni nauloilla, jotka muotin purkuvaiheessa rikkovat puutavaraa niin että jatkokäyttö ei ole enää mahdollista. Valmiita kevyitä järjestelmämuotteja ei ole ollut markkinoilla, joilla anturoita olisi voinut rakentaa. PERI-Duo järjestelmän tuleminen markkinoille tekee myös sillanperuslaattojen rakentamisesta helpompaa ja koko materiaali voidaan kierrättää uudestaan. Muottikaluston keveys ja helppo asennustekniikka tuovat myös kustannussäästöjä.

Järjestelmämuotin käyttö vaatii enakkoon tehdyn muottisuunnitelman, jossa on muottien oikea kierrätysjärjestys. Järjestelmämuotti vaatii myös muottipinnan öljyämisen ja puhdistuksen purkuvaiheessa. Hyvä ja laadukas betonipinta saadaan kaluston hyvällä huollolla.

5 PERI Duo kevyt järjestelmämuotti

Duo-kaluston valmistukseen käytetään polymeeripinnoitettua kuitua, josta johtuu osien keveys. Materiaali kestää myös hyvin kosteutta eikä näin ollen kutistu, ruostu tai laajene. Puusta ja teräksestä valmistetuilla muoteilla ei ole niin hyvää kosteuden kestoaa. Materiaali on myös sataprosenttisesti kierrätettävä. Vanhat kalustot pystytään kierrättämään uudelleen. (PERI DUO, esite: PERI Suomi Ltd Oy, 6.)

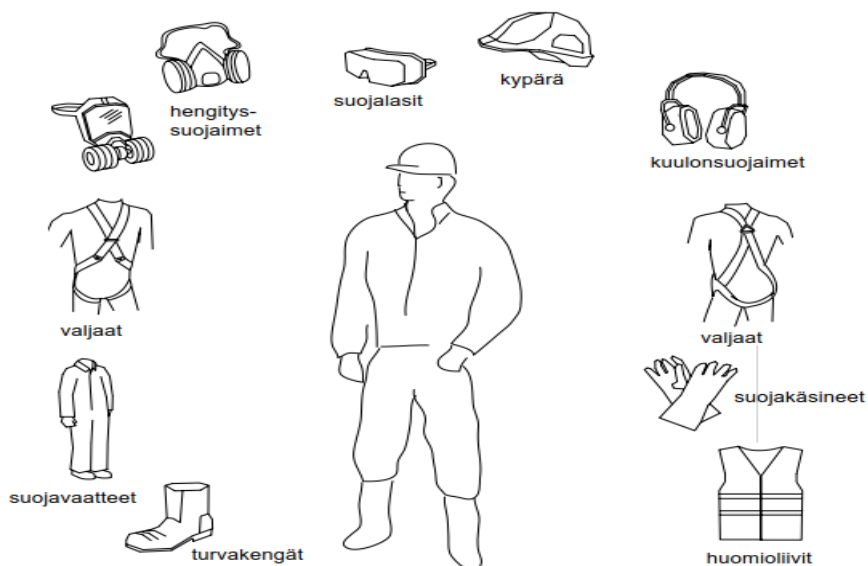
Duo soveltuu paikallavalukohteissa perustuksiin, pilareihin ja holveihin. Asennus on helppoa ja yksinkertaista. Asennuksessa ei tarvita suurta määrää työvälineitä. Avainosat koostuvat DUO-elementeistä ja DUO-liittimistä (kuva 4). Kokoaminen ja purkaminen onnistuu myös ilman nostureita. Kaluston käyttö on helppoa ahtaissa kaupunkikohteissa, joissa tilan puute on aina ongelmana.



Kuva 4. PERI DUO avainosat, (PERI DUO, esite: PERI Suomi Ltd, 9.)

6 Työturvallisuus muottityössä

Työvaiheen turvallisuus luodaan oikealla työsuunnittelulla ja jokaisen työntekijän oikealla panostamisella turvallisuuteen. Destiassa on otettu käyttöön rakennusalan yleinen perehdytys, joka vaaditaan kaikilta Destian työmaalla työskenteleviltä. Ennen työvaiheen alkamista jokainen työntekijä perehdytetään työtehtäviinsä ja perehdytyksessä käydään läpi kaikki turvallisuuteen liittyvät asiat. Jokaisella työntekijällä on oltava tarvittavat suojavarusteet (kuva 5.) sekä suoritettut turvallisuuskoulutukset voimassa. Tehtävästä on laadittava ennakkoon työkohtainen riskien ja turvallisuuden arviointi. Arvioinnissa tarkastellaan työmenetelmät, laitteet ja työympäristö työntekijöineen. Jokaisella työntekijällä on velvollisuus keskeyttää työtehtävä, jos siitä aiheutuu vakavaa vaaraa itselle tai muille työntekijöille.



Kuva 5. Muottityön suojavarusteet (Muottityön turvallisuus 2008, 21)

Muottityössä on useita vaaranpaikkoja, jotka on tiedostettava ennen työvaiheen aloittamista. Tällaisia vaaranpaikkoja ovat esimerkiksi

- muotin kaatuminen
- muotin putoaminen nostoissa
- muotin heiluminen nostoissa
- muotin ja rakenteiden väliin puristuksiin joutuminen
- henkilöiden putoaminen
- kulkureiteillä kompastuminen
- työtasoissa olevat aukot
- rikkinäiset työvälineet
- turvavaljaitten vääränlainen kiinnitys
- muottisiteiden terävät päät. (Muottityön turvallisuus 2008, 18.)

Työtapaturmat sattuvat yleensä puutteellisen työsuorituksen riskien ja vaarojen arvioinnin vuoksi. 10 sekunnin sääntö vähentää henkilökohtaista riskinottoa ja vähentää tapaturmia. Säännön tavoitteena on havaita vaaran paikat ja tehdä niistä kirjallinen havainto. Läheltä piti -tilanteet kirjataan ylös ja raportoidaan. Kaikilla raporteilla havainnoidaan ja ennaltaehkäistään tulevia vaaranpaikkoja.

Ennen saatettiin pitää tupakan mittainen tauko uuden tai odottamattoman tilanteen edessä. Tämä pysähtyminen hetkeksi tunnetaan alalla nykyään 10 sekunnin sääntönä, uutta työvaihetta aloittaessa kannattaa ottaa lyhyt tuumaustauko tarkistaakseen, että työvälineet ovat kunnossa ja että muut vaikuttavat seikat on huomioitu. Ohjetta voi käyttää myös toimistoympäristössä, jossa pieni tuumaus ja venyttelytauco voi jopa piristää.

7 Työohje PERI Duo-järjestelmämuotille, sillan perustusrakenteisiin

Työohjeen tarkoituksena on antaa tietoa Duo-muottikalustosta. Työohjetta voidaan käyttää töiden suunnittelussa ja työn toteutuksessa. Työohjeen laatimisessa on käytetty omaa tietoa, Perin antamaa työnopastusta sekä työryhmän antamaa palautetta muottikaluston käytöstä. Duo-muottijärjestelmää käytettiin Destia Oy:n hankkeella VT-5 Mikkeli-Nuutilanmäki, silloilla S11 ja S14.

7.1 Valmistelevat työt

Ennen muottityön aloittamista edeltävien työvaiheiden on oltava valmiit. Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma (liite 1.) on oltava laadittu ja työryhmän aloituspalaveri pidetty ennen työn aloittamista. Anturan pohja-arinan täyttö on tiivistettävä hyvin ja siitä on otettava tarvittavat painumakokeet. Esimerkkikohteilla tiiveys mitattiin levykuormituslaitteella (kuva 6.). Valmisteleviin töihin kuuluu myös muottikaluston kuljettaminen työkohteeseen. Kalusto tuodaan paikalle pohjatöiden ja mittausten jälkeen ja sijoitetaan siten, ettei kantamismatka kohteeseen muodostu pitkäksi.



Kuva 6. Levykuormituskoe (Petri Ignatius 2018)

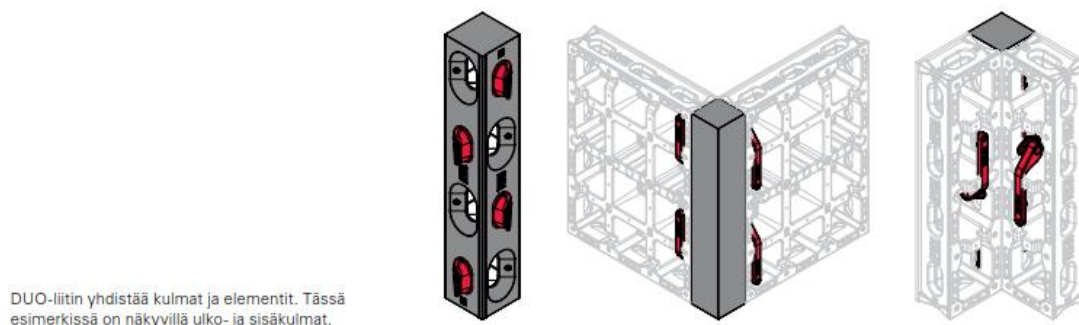
7.2 Muotin kokoaminen

Duo-järjestelmän kokoaminen on yksinkertaista ja helppoa. PERI on laatinut muotista suunnitelman (liite 2.). Kokoaminen ei vaadi käsityökaluja. Elementit yhdistetään liittimien avulla toisiinsa (kuva 7.). Yhdistäminen voidaan tehdä maassa, jolloin kasaaminen tapahtuu seinämä kerrallaan ja muotti nostetaan sen jälkeen nosturilla kohdalleen. Kasaaminen voidaan suorittaa myös pystyssä, jolloin elementit tulevat heti oikeille paikoilleen eikä nosturityötä tarvitse käyttää.



Kuva 7. Elementtien kiinnitys toisiinsa (PERI DUO, esite: PERI Suomi Ltd, 9)

Muotin kulmat tehdään kulmapalalla, jolla voidaan tehdä ulko- tai sisäkulma. Sil-
lan peruslaatoissa käytetään vain ulkokulmia. Kulmat liitetään liittimien avulla elementtiin (kuva 8.).



Kuva 8. Kulmien liittäminen (PERI DUO, esite: PERI Suomi Ltd, 9)

7.3 Raudoitus

Raudoitus suoritetaan esivalmistetuista teräksistä (kuva 9.). Raudat tarkistetaan kuorman purkamisen yhteydessä. Tarkastukseen kuuluu terästen laatu ja oikea määrä. Raudoitus kiinnitetään maavaraisiin välikkeisiin. Seinässä välikkeitä ei kiinnitetä naulalla, vaan välikkeet sidotaan teräksiin. Pilarien tartuntateräksset sidotaan peruslaatan raudoitukseen kiinni. Tartuntojen mitoitus suoritetaan mittamiehen antamien mittojen mukaan. Työnjohto suorittaa raudoitustarkastuksen työvaiheen jälkeen, johon kuuluu

- asennustyön tarkastus
- sijainnin tarkastus
- mittojen tarkistus
- määrien tarkistus (Ratu KI-6029 2016, 120,121)



Kuva 9. Peruslaatan raudoitus (Petri Ignatius 2018)

7.4 Betonointi

Työnjohto laatii työvaiheesta betonointisuunnitelman (liite 3.). Ennen betonoinnin alkamista tarkastetaan muottien tiiveys ja tuenta. Työryhmä perehdytetään tehtävään. Betonointikalustoa on varattava riittävästi. Betoni tilataan asemalta noin viikkoa ennen betonoinnin alkua.

Maavaraisten peruslaattojen betonilaatu on sillanrakentamisessa luokkaa C30/37 ja P-luku P20-P30. Peruslaattojen rauditus on väljä, että voidaan käyttää raekokoa #32 mm. betonin valmistuksessa. Käyttämällä suurta raekokoa estetään pintojen halkeilu. Betoni siirretään muottiin betonipumpulla. Tiivistys tehdään sauvatäryttimellä ja pinta hierretään käsihiertona. Hierron jälkeen levitetään jälkihoitoaine ja peitellään pinta rakennusmuovilla. (Sillat: RIL 179-2018, 317.)

Betonityön valmisteluissa kannattaa ottaa huomioon seuraavat asiat

- ennakkokokeet suoritettu betonista
- puristuslujuuskappaleet työmaalla
- muotin puhtaus
- talvella lumen ja jään poisto muotista
- osaava betonointiryhmä
- pätevä työnjohto
- betoniautojen kulkureitit
- pumppuauton sijoitus
- varasähkön käyttö
- talvella peittelyssä routamatto muovin lisäksi
- kesällä liian nopea kuivuminen (Sillat: RIL 179-2018, s. 326).

7.5 Muotin purkaminen ja puhdistaminen

Betonin on annettava kovettua niin pitkään, ettei pinta muotin purkuvaiheessa rikkoudu. Yleensä anturan muotin purku voidaan suorittaa kesäaikaan 2–3 vuorokauden kuluttua ja talviaikaan noin 5 vuorokauden kuluttua betonoinnista. Purretaessa muottia työkaluja on käytettävä varovasti, ettei betonipinta rikkoudu. Muottielementit voidaan myös nostaa siivuina (kuva 10.). Valupintojen kosteuspitoisuus ei saa laskea purkuvaiheen jälkeenkään. Valupinnoille voidaan ruiskuttaa jälkihoitoaine tai levittää muovikalvo.

Duo-kalustoa purettaessa on varottava muottilevyä, koska se on muovirakenteista. Muovirakenteet ovat helposti rikkoutuvia etenkin talvella, jolloin ilman lämpötila on pakkasella. Kaikki muotinosat laitetaan niille kuuluviin häkkeihin ja laatikoihin. Muottielementit puhdistetaan ja pintaan levitetään muottiöljy. Rikkoutuneet muottilevyt vaihdetaan uusiin.



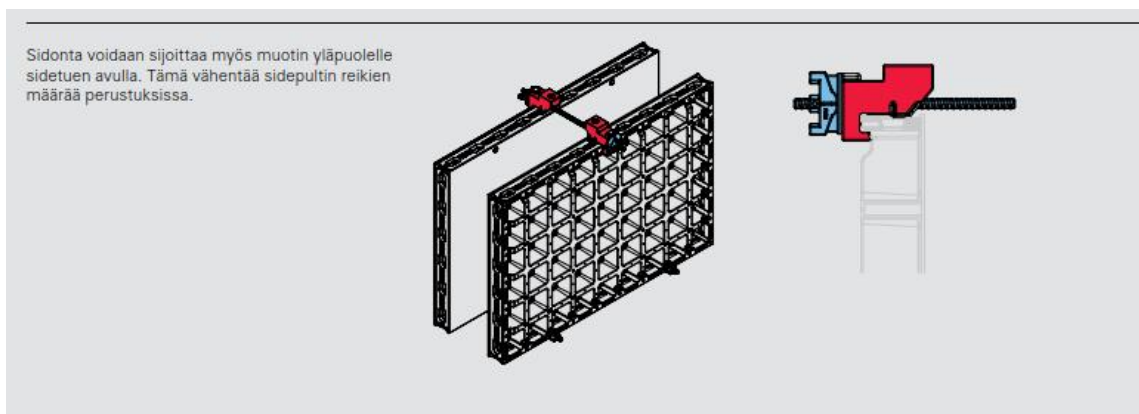
Kuva 10. Muottielementin purku (Petri Ignatius 2018)

7.6 Kehitys- ja korjauskohteet

Duo-järjestelmämuotin käytössä sillanrakennus kohteessa ilmeni muutamia kehitys- ja korjauskohteita. Tärkein korjauskohde oli sidontapulttien reikäkoko. Reikäkoko muotissa on 16 mm. Sillanrakennuksessa käytetään alumiinitankoa sidonnassa. Alumiinitangon paksuus on 10 mm. Pultin läpimenoreikään pääsee kiinnittymään betonia, mikä muotin purkuvaiheessa voi aiheuttaa muottilevyn repeytymisen.

Korjausmenetelmänä on läpimenoreikään valmistettava supistuskappale. Supistuskappaleen reikäkokona olisi 12 mm. Anturan ylimmäinen sidonta voidaan myös sijoittaa muotin yläpuolelle sidetuen avulla (kuva 11.).

Yhtenä kehitysideana on myös muotin suojaaminen muovikalvolla muottilevyjen yläreunassa. Suojaaminen estää betonin roiskumisen levyjen kennostoihin. Toimenpide on hyvä suorittaa juuri ennen betonointia.



Kuva 11. Sidetuki (PERI DUO, esite: PERI Suomi Ltd, 9)

8 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella siltaperustusten rakentamista maavaraisesti. Esimerkkikohteet sijaitsivat Mikkeliissä. Projekti oli Mikkeli – Nuutilanmäki-hanke, jossa tilaaja on Väylävirasto ja pääurakoisijana toimii Destia Oy. Työssä tarkastelussa olivat sillat S11 ja S14. Tarkoituksena oli selvittää PERI:n Duo järjestelmämuotin käyttöä sillan maavaraissa peruslaatoissa ja laatia samalla työohje muottikaluston käyttöön.

Suomessa puumateriaalin käyttö sillanrakentamisessa on saanut vahvan otteen rakentajien keskuudessa. Uuden järjestelmän tuominen työmaalle on vaikea toimenpide. Vanhempien työntekijöiden suhtautuminen uusien järjestelmien käyttöön on usein kielteinen, eikä asenteita ole helppoa muuttaa.

Puumateriaalin uudelleenkäyttö lisää kustannuksia eikä suurinta osaa puumateriaalista voida käyttää uudelleen. Järjestelmämuotin kaikki osat puolestaan voidaan käyttää uudelleen, kun ne huolletaan käytön jälkeen huolellisesti. Käytettäessä järjestelmämuottia syntyy kustannussäästöjä, koska puutavaran siivous ja hävittäminen työmaalta vähenee huomattavasti. Työturvallisuus järjestelmämuotilla rakennettaessa on myös parempi, koska naulaimia ei käytetä.

PERI:n Duo-muottijärjestelmän käyttö esimerkkikohteissa oli ajallisesti nopeampaa kuin puumateriaalista tehdyt vastaavanlaiset muotit. Järjestelmän muita etuja ovat ekologisuus ja taloudellisuus. Taloudellisia vaikutuksia muodostuu ennen kaikkea silloin, kun muottikiertoja tulee useita samassa projektissa.

Työohje antaa kattavaa tietoa Duo-muottijärjestelmän käytöstä työnjohdolle työsuunnittelusta aina työn toteutukseen saakka. Työryhmälle se antaa tarvittavia tietoja muottien kokoamiseen. Työohjeessa on käytetty paljon kuvia helpottamaan asennusvaiheiden hahmottamista myös silloin, kun monikansallisessa työyhteisössä kielimuuri voi hankaloittaa kommunikointia.

Lähteet

Destia Oy. Yritysesittely. <https://www.destia.fi/yritys/historia.html>. Luettu 19.12.2019.

Muottityön turvallisuus 2008. https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/11/Muottityon_turvallisuus_kirja.pdf. Luettu 8.1.2020.

PERI DUO, ESITE. <https://www.duo.peri.fi/>. Luettu 20.12.2019.

PERI SUOMI LDT OY. Yritysesittely. <https://www.peri.fi/yritys.html>. Luettu 19.12.2019.

Ratu KI-6029. 2017. Rakennustöiden laatu 2017. Rakennustieto Oy.

Sillat: RIL 179. 2018. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Liite 1 Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma



TYÖVAIHEEN TYÖ- JA LAATUSUUNNITELMA

Projekti, urakkaosa Vt 5 Mikkeli-Nuutilanmäki ST		Laatija Petri Ignatius	
Tilaaja Liikennevirasto		Pvm. 9.4.2018	
Työvaihe S11 peruslaattojen teline- ja muottityöt		Työvaihenumero 42070.1	
RESURSSIT ♦ Käytettävä kalusto ♦ Työryhmä ♦ Käytettävät materiaalit		<ul style="list-style-type: none">- TJ- mittaryhmä (paikalleen ja tarkemittaukset)- KA+kuormausnosturi- 2-4 RAM- perin muottikalusto (muotti + tuenta)- tönärit, surripultit+lukot	
VALMISTAVA VAIHE ♦ Edelliset työvaiheet ♦ Ilmoitukset ja informointi ♦ Muut		Valmistelu: <ul style="list-style-type: none">- varmistetaan, että edelliset työvaiheet on tehty ja tarkastettu- suunnitellaan rakennusalan kuivanapito- tehdään paikalleen mittaus- työvaiheen aloituspalaveri pidetty ja työntekijät perehdytetty dokumentoidusti	
TYÖN SUORITUS ♦ Menetelmät ♦ Aikataulu ♦ Vastuut ♦ Informointi ♦ Muut		<ul style="list-style-type: none">- muotit rakennetaan mittamiesten merkintöjen ja suunnitelmien mukaisesti- työn aikataulu käsitellään viikkopalaverissa, joihin työnjohto osallistuu tarvittaessa- poikkeuksista on ilmoitettava välittömästi työnjohdolle, joka tekee päätökset tarvittavista korjaustoimenpiteistä - muotit tuetaan ja kootaan teknisten työsuunnitelmien mukaisesti- valmiin muotin tuenta tarkastetaan raudoitustarkastuksen yhteydessä- muotin purku n. 2-7 vrk:n kuluttua betonoinnista. Huolehditaan kuitenkin 7 vrk jälkihoitoaika.	
TURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖ			
RISKIEN ARVIOINTI • Liikenteen vaara • Varottavat laitteet ja rakenteet • Työhön liittyvät nostot ja muut vaaralliset työt • Kemikaalit • Sään muutokset • Alustan kantavuus • Muut	Riskit	Toimenpide	Vastuu
	Muottimateriaalin kuorman purku ja nostot =>taakan putoaminen,nosturin kaatuminen	Kantava pohja nosturille. Oikeat ja tarkastetut nostovälineet. Oikea taakan kiinnitys.	Työryhmä ja työnjohtaja
	Henkilövahingot käsityökaluilla.	Henkilökohtaiset suojaimet. Ammattitaitoinen työryhmä. Ehjät toimivat ja tarpeen vaatiessa tarkastetut työkalut	Työryhmä ja työnjohtaja
	Henkilövahingot tilanpuutteen takia	Kaivannon riittävät työvarat	Työnjohtaja
	Kaatumiset kompastumiset	Hyvät kulkutiet ja ja siiteys ylläpidettävä.	Työryhmä ja työnjohtaja
	Henkilövahingot pimeyden tai liukkauden takia.	Riittävä valaistus ja liukkauden torjunta.	Työryhmä ja työnjohtaja

<p>MUUT TOIMENPITEET</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Suojavälineet ◆ Nostolaitteet ◆ Käyttöönottotarkastukset ◆ Turvallisuussuunnitelmat ◆ Varottavat laitteet ◆ Kemikaalit ◆ Liikenteen ohjaus ◆ 10 sekunnin sääntö ◆ Turvallisuushavainnoista ilmoittaminen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Pohjavesialueet ◆ Melun torjunta ◆ Pölynsidonta ◆ Jätehuolto 	<p>TYÖTURVALLISUUS</p> <ul style="list-style-type: none"> - kaikilla on oltava vähintään Tieturva 1 -pätevyys - työntekijät käyttävät turvavarusteita työmaalla, joita ovat: turvakengät, 2 lk. huomiovaatteet (liikenteenohjaustehtävissä 3. lk), kypärä ja silmäsuojaimet sekä tarvittaessa riskikartoitukseen perustuvia, työssä vaadittavia henkilösuojaimia (esim. kuulosuojaimet) - työkoneiden käyttöönottotarkastukset on tehty - työmaalla tehdään viikoittaiset kunnossapitotarkastukset MVR -mittarilla - tiealueella työskenneltäessä käytettävä varoitusviilkuja <p>YMPÄRISTÖ</p> <ul style="list-style-type: none"> - öljyä vuotavat koneet korjataan tai vaihdetaan - öljyvahinkojen varalta on imeytysainetta työmaalla - työmaan jätehuolto on järjestetty <p>HÄLYTYSNUMEROT</p> <ul style="list-style-type: none"> - YLEINEN HÄTÄNUMERO 112
---	---

[illegible]

[illegible]

Liite 3 Betonointisuunnitelma



BETONOINTISUUNNITELMA JA –PÖYTÄKIRJA

Projekti, urakkaosa Vt 5 Mikkeli – Nuutilanmäki, ST		Laatija	
Tilaaaja Liikennevirasto		Suunnitelma laadittu, pvm 31.5.2018	
Betonointityönjohtaja		Betonilaborantti	
BETONOITAVA RAKENNE		S11 Tervasen RS, peruslaatat	
PERUSTIEDOT BETONISTA	a) kovettunut betoni	Lujuus- ja rakenneluokka Ro07,R1, C40/45-2	Pakkasenkestävyys P50
		Vedenpitävyys	
	b) betoni-massa	Muut ominaisuudet	
		Notkeus S2	Suurin raekoko max. 32 mm
	Lisäaineet ja annostus Notkistin ja huokostin		Muut tiedot
BETONITYÖT		SUUNNITELMA	
Betonoitava osa		PÖYTÄKIRJA	
Peruslaatat T1, T2, T3 ja T4			
Betonimäärä (m³)		113 m³	
Betonointinopeus (m³ / h)		Valunopeus 30 m³/h	
Betonointipäivä		11.6.2018	
Betonoinnin alkaminen ja päättyminen (klo)		Alkaa 9:00	Päättyy 14:00
Betonin notkeus (painuma, sVB, MO, leviämä)		S2	
Ilman lämpötila/ Betonimassan lämpötila (°C)		Ilma 16	Betonimassa 20
Jälkihoito, betonin lämpötilan seuranta sekä betonin lujuuskehityksen arviointi		Yhteen laattaan laitetaan lämpötilan mittauspisteet, joista seurataan lämmönkehitystä ja lujuuden kehitystä. Jälkihoitoaine välittömästi hierron jälkeen.	
Muottien purku (lujuus, ikä)		1-7 vrk	
Erikoismenetelmät, lämpökäsittely jne.			
Koekappaleet (tunnukset, näytteenottoapaikat)		Antura T1; S11/AT1oik ja S11/AT1vas. Antura T2; S11/AT2 Antura T3; S11 AT3 Antura T4; S11/AT4oik ja S11/AT4vas.	
Häiriöt, varautuminen / toimenpiteet		Varapumi, vara-asema, aggregaatti, suojapressut	
Muut tiedot, liitteet		Puristuslujuuskoekappaleita otetaan 1 kpl / peruslaatta, yhteensä 6 kpl.	
Pöytäkirja laadittu, pvm.		Betonointityönjohtajan allekirjoitus	